

建筑机械安全使用培训教材

塔式起重机 安全技术

喻乐康 孙在鲁 黄时伟 编著



中国建材工业出版社

建筑机械安全使用培训教材

塔式起重机安全技术

喻乐康 孙在鲁 黄时伟 编著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

塔式起重机安全技术 / 喻乐康, 孙在鲁, 黄时伟编

著. —北京: 中国建材工业出版社, 2014. 10

ISBN 978-7-80227-553-9

I. ①塔… II. ①喻… ②孙… ③黄… III. ①建筑机械—起重机械—安全技术 IV. ①TH210.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 204758 号

内 容 简 介

针对我国建筑工地从业人员普遍文化程度不高、流动性大以及塔机技术日臻完善的特点, 我们特组织行业内的专家, 以通俗易懂的语言, 以塔机安全操作相关技术为切入点, 由浅入深地对塔机相关知识进行了系统阐述。

本书主要包括: 塔机的分类和构造、塔机的主要危险因素和安全保护装置、建筑起重机械使用维护要求与安全知识、塔机事故分析及经验教训、施工升降机的安全使用、电气设备和安全用电知识。

本书适合施工现场操作人员的安全培训, 同时适合维修、保养、监管相关人员阅读。本书对加强塔机操作人员安全技术培训, 遏制安全事故的发生, 强化安全监管将起到积极作用。

塔式起重机安全技术

喻乐康 孙在鲁 黄时伟 编著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 15

字 数: 368 千字

版 次: 2014 年 10 月第 1 版

印 次: 2014 年 10 月第 1 次

定 价: 49.80 元

本社网址: www.jcbs.com.cn 微信公众号: zgjcgycbs

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前言

塔式起重机（简称塔机）是建筑工地重要的施工设备，对加快施工进度、提高工地劳动效率、减轻工人劳动强度有着不可替代的作用。随着我国现代化建设不断向纵深发展，中国共产党十八大提出的“中国梦”蓝图逐步付诸实施，塔机像雨后春笋一样在我国城乡建设工地上不断涌现。由于安全管理和人员培训方面还存在一些问题，近年来建筑工地塔机事故造成人员伤亡情况时有发生，并有逐年上升的趋势。为此我国将塔机列为特种设备，颁布了一系列规章制度，有指定的国家行政主管部门专职管理。塔机操作使用需要通过严格的培训考核，获得国家行政主管部门颁发的“建筑施工特种作业操作资格证”才能上岗。

我国建筑工地一个重要的特点是从业人员普遍文化程度不高，流动性大，缺少塔机安全技术方面的培训。另一方面我国的塔机技术日臻完善，结构、机构、电气、液压等很多方面已经达到世界先进水平，操作人员没有经过很好的培训是不能正确使用这些设备的。因此编写一本适合大众通俗易懂的塔机培训教材，加强操作人员安全技术培训，遏制安全事故的发生，是摆在我们面前一个十分迫切的任务。

中联重科前身建设部长沙建筑机械研究院研究员孙在鲁先生于2005年出版的“建筑施工特种设备安全使用知识”一书，填补了当时塔机安全使用教材的空白，深受广大读者欢迎。九年来，塔机有了长足发展，国家标准有所更新，我国的塔机技术飞速进步，原书已经不能反映塔机技术全貌，不能完全满足广大读者的要求。为了更加全面系统、与时俱进地介绍我国塔机技术，宣传普及塔机安全使用知识，受中国建材工业出版社委托，中联重科起重机械公司组织有关人员在原书基础上进行了认真修订、补充、完善，突出介绍了安全操作塔机的相关知识、技术和措施。建筑起重机械研究院付英雄、钱建军、涂幼新、刘圣平、何首文、郭彬、朱守寨、郑昌明、刘毅等专家参加了有关章节的修订编写。培训中心高级培训师黄时伟负责全书修订以及其余章节的编写，喻乐康负责全书策划、审定。

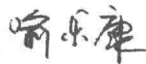
本书涉及的塔机内容较多，但没有过多的理论探讨，重点放在实际操作方面，深入浅出，实用性较强，是一本适合操作人员阅读的塔机安全使用科普教材。

由于本书作者都是我国从事塔机研究设计的资深专家或学术带头人，很多世界第一的塔机产品比如世界上起重臂最长的塔机、起重量最大的水平臂塔机、全球最大的平头塔机均出自他们之手，所以他们对国内外塔机新技术的介绍、对安全使用最合理的方法、对实际操作的一些宝贵经验、窍门、点子能够娓娓道来、如数家珍。目前国内外大专院校使用的塔机教材，一般存在着偏重理论探讨，缺少实际操作等问题，所以本书也可以作为大专院校相关专业学生以及从事塔机工作相关人员的学习补充读物。

中国工程机械工业协会建筑起重机械分会理事长



中国工程机械工业协会建筑起重机械分会秘书长





中国建材工业出版社

China Building Materials Press

我们提供

图书出版、图书广告宣传、企业/个人定向出版、设计业务、企业内刊等外包、
代选代购图书、团体用书、会议、培训，其他深度合作等优质高效服务。

编辑部

010-88386119

宣传推广

010-68361706

出版咨询

010-68343948

图书销售

010-88386906

设计业务

010-68343948

邮箱：jccbs-zbs@163.com

网址：www.jccbs.com.cn

发展出版传媒 服务经济建设

传播科技进步 满足社会需求

(版权专有，盗版必究。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。举报电话：010-68343948)

目 录

第一章 塔机的分类和构造	1
第一节 塔机的分类和型号编制方法	1
第二节 上回转塔式起重机的构造及特点	7
第三节 下回转塔机的构造及特点	8
第四节 锤头式塔机的构造及特点	10
第五节 平头式塔机的构造及特点	17
第六节 动臂式塔机的构造及特点	20
第七节 塔机工作机构	23
第八节 塔机电气控制系统	35
第九节 塔机液压顶升系统及内爬装置	79
第十节 塔机重要的机械零部件	85
第二章 塔机的主要危险因素和安全保护装置	100
第一节 塔机的主要危险因素	100
第二节 塔机的安全保护装置及调整方法	102
第三章 塔机安装与拆卸	107
第一节 对安装场地的要求	107
第二节 塔机安装要求与注意事项	108
第三节 上回转塔机的安装	109
第四节 下回转塔机的安装	153
第五节 塔机安装后的检查和验收	162
第六节 塔机的拆卸	163
第四章 建筑起重机械使用维护要求与安全知识	169
第一节 对用户使用、维护和管理的基本要求	169
第二节 操作人员应具备的基本安全知识	170
第三节 塔机工作机构的操作要求及注意事项	172
第四节 液压顶升系统使用要求及注意事项	175
第五节 日常使用维护要求及注意事项	177
第五章 塔机事故分析及经验教训	183
第一节 倒塔事故及原因分析	183
第二节 安全装置失效引起的事故	189
第三节 重物下坠事故及原因分析	190
第四节 烧坏起升电机故障原因分析	191

第五节	塔机事故实例及经验教训·····	192
第六节	关于提高建筑起重机械安全管理的建议·····	193
第六章	施工升降机的安全使用·····	195
第一节	齿轮齿条式施工升降机·····	195
第二节	钢丝绳式施工升降机·····	201
第三节	施工升降机事故案例汇总分析·····	207
第七章	电气设备和用电安全知识·····	209
第一节	塔机对电控系统的特殊要求·····	209
第二节	电力拖动调速的主要方式及发展趋向·····	210
第三节	控制指令的主要传递方式·····	217
第四节	塔机电控系统的安全保护措施·····	220
第五节	施工升降机的典型电路·····	222
第六节	电气系统操作使用注意事项·····	225
第七节	施工场地的安全用电·····	230

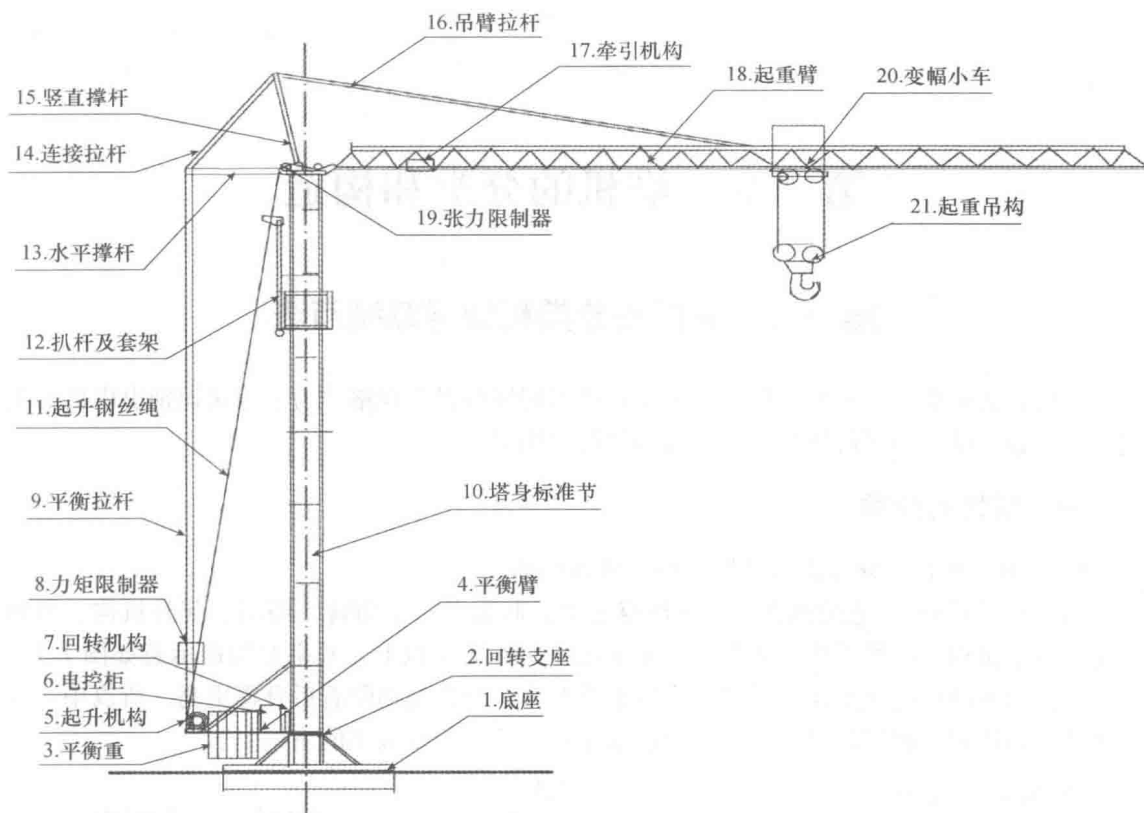


图 1-1-2 下回转塔机

下回转塔机的顶部只有起重臂、撑杆和拉杆、变幅机构，如认为必要也可挂一个副驾驶室。而它的平衡臂、平衡重、起升机构、回转机构、电控系统、主驾驶室都在下面，重心低，所以它的维护管理、维修都比较方便。下回转塔机的缺点是不能自升和附着，它的工作高度要低于上回转自升式塔机。下回转塔机只适合低层建筑施工。在欧洲快装式下回转塔机使用较多，其原因是欧洲低层建筑多，同时快速安装的下回转塔机可以大量减少装拆成本。

2. 按变幅方式，分为小车变幅塔机和动臂变幅塔机

1) 小车变幅塔机。就是平常我们到处可见的水平臂塔机，起重臂通常为三角形截面，其上有一小车，下面两根主弦作为小车的导轨。臂架内有一变幅机构，为小车移动提供动力。这种塔机的臂架可以做得很长，国产水平臂塔机起重臂最长已达 110m，目前小车变幅塔机占压倒优势，上回转塔机和下回转塔机都可以用。有了小车变幅的长起重臂，塔机可以不行走就能够满足大工作面的需要。

2) 动臂变幅塔机。其臂架是一根桁架式的受压柱，一般为矩形截面，下端铰接在回转塔身顶部，上端用拉索连接塔帽或撑杆。它的变幅靠改变臂架仰角实现，如图 1-1-3 所示。当动臂变幅时，臂架和重物都要上下移动，所以动臂变幅的变幅机构功率较大，而且要求制动相当可靠，变幅钢丝绳要绝对保险，否则臂架有掉下的危险。工作幅度不能太大以及难以

保障变幅钢丝绳断裂时的安全，这些均是动臂变幅塔机推广应用的障碍。在我国，动臂变幅用得不多，但在欧美、东南亚、香港还用得不少，原因之一是根据当地法律，塔机回转时不许侵犯邻居的“领空”，由于动臂式塔机可以仰起臂架来减小回转半径，这样就可以避免一些不必要的麻烦。

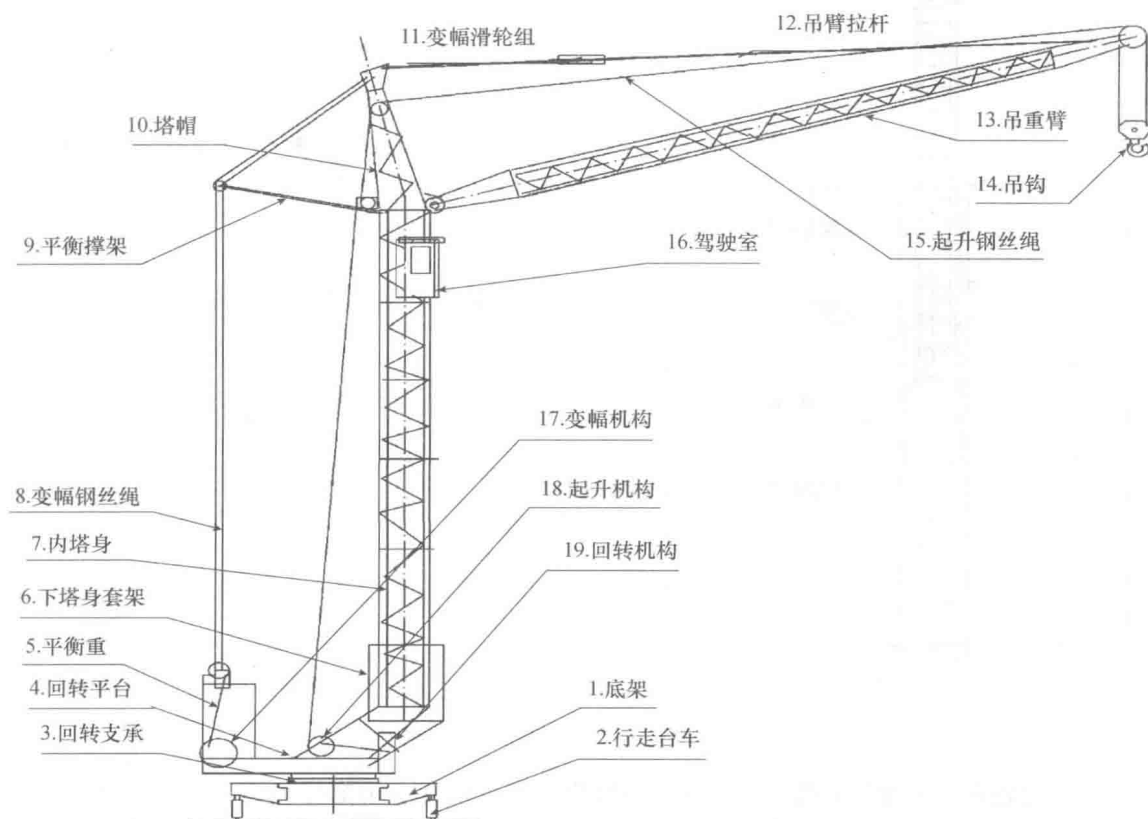


图 1-1-3 动臂变幅塔机

3. 按安装形式，可分为自升式、快装式和拼装式三种。

1) 自升式塔机以零、部件形式出厂，运到工地后由其他起重机（一般为汽车吊）辅助安装至安装高度后，通过塔机自身的顶升系统顶升加高。自升式塔机又分为外爬和内爬两种，外爬塔机利用自身的顶升系统顶升加节升高，超过塔机独立高度后可以与建筑物附着升得很高，因而特别适用于中高层建筑和桥梁建筑施工，是我国现有塔机中最主要的形式。当建筑物高度较高时，需要安装很多塔身标准节，使用成本增加。

内爬塔机的塔身只需要少量标准节，它安装在建筑物中间电梯井或者其他特定的开间内，在其底部有一套专用的井道爬升装置，可以根据施工进度沿井道爬得很高，而且它处于建筑物中间，故工作覆盖面很大。图 1-1-4 为内爬塔机示意图。内爬塔机的缺点是对建筑物的承载能力有特别的要求以及爬升和拆塔操作都比较困难，因此不像外爬塔机用得那么多。

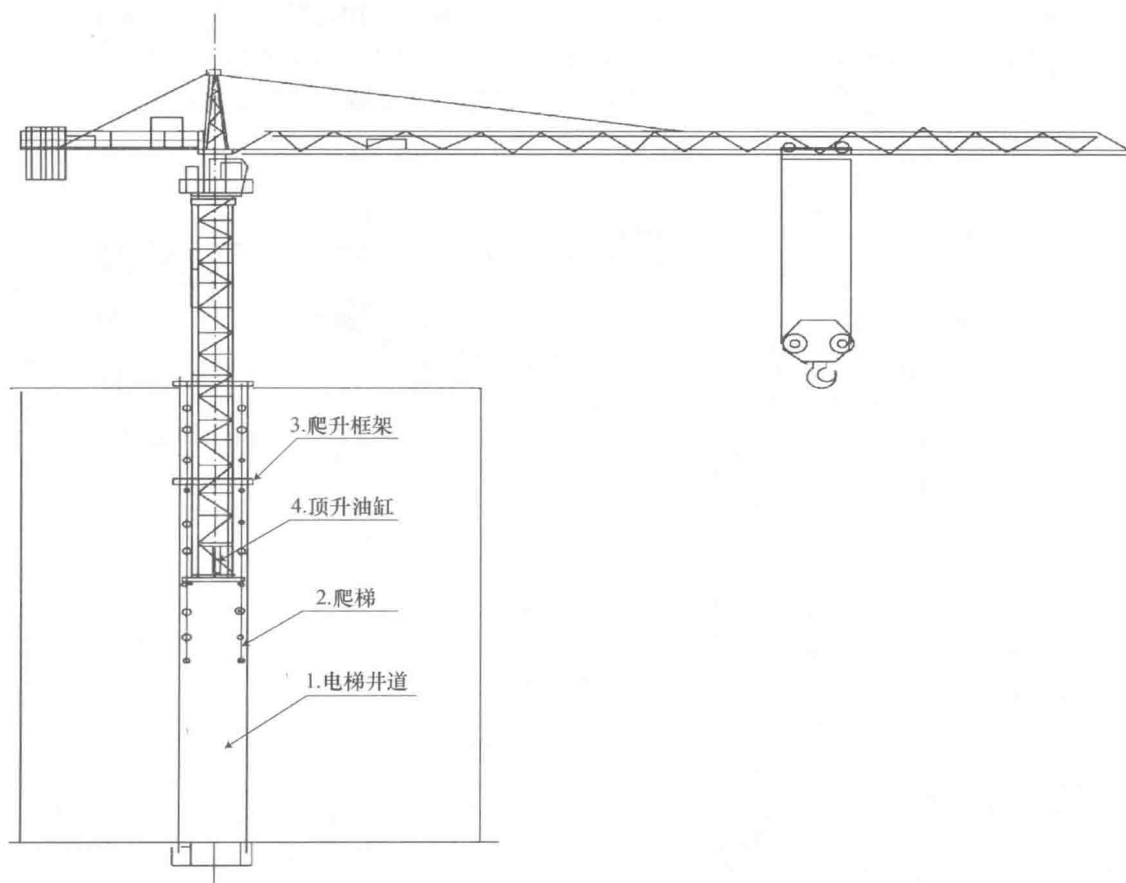


图 1-1-4 内爬塔机

2) 快装式塔机出厂时就是一台完整的塔机，本身带有专用拖行和架设装置，可以把臂架和塔身折叠起来，实现整体拖运。到工地后，又可很快把它立起来，所以更准确地说应该叫整体拖运快速安装塔机，见图 1-1-5。这种塔机最大的优点是转移工地方便，安装快捷，几个小时就可实现转移工地重新安装。但整体拖运塔机会受到拖运长度限制，若其体积过长、过高、过宽，马路上不准走，进场地也有困难，所以起吊高度和工作幅度都不会很大。快装式塔机都是下回转形式，没有爬升套架，安装到位后不能像自升式塔机一样用顶升加节来增加高度。为了实现快速安装，必然要有一套专用的折叠和拖运装置，结构复杂这、成本高、价格贵是快装式塔机的最大缺点。目前我国快装式塔机很少，但在欧洲发达国家用得较多，主要是他们的经济基础好，而且高层建筑相对不多，人力成本高，所以比较适合用快装式塔机。

3) 拼装式塔机是指以零、部件形式出厂，运到工地后依靠自带的设备和人力来完成安装的塔机。其主要特点是没有顶升机构，塔身由许多标准节或者杆件拼装起来，达到独立式工作高度后不能继续增高。这种塔机安装比较麻烦，但经济实惠，因为它不必租用其他起重机安装，也节省了顶升机构。它只能以独立式工作高度来工作，不能升得很高，所以只适用于低层建筑。

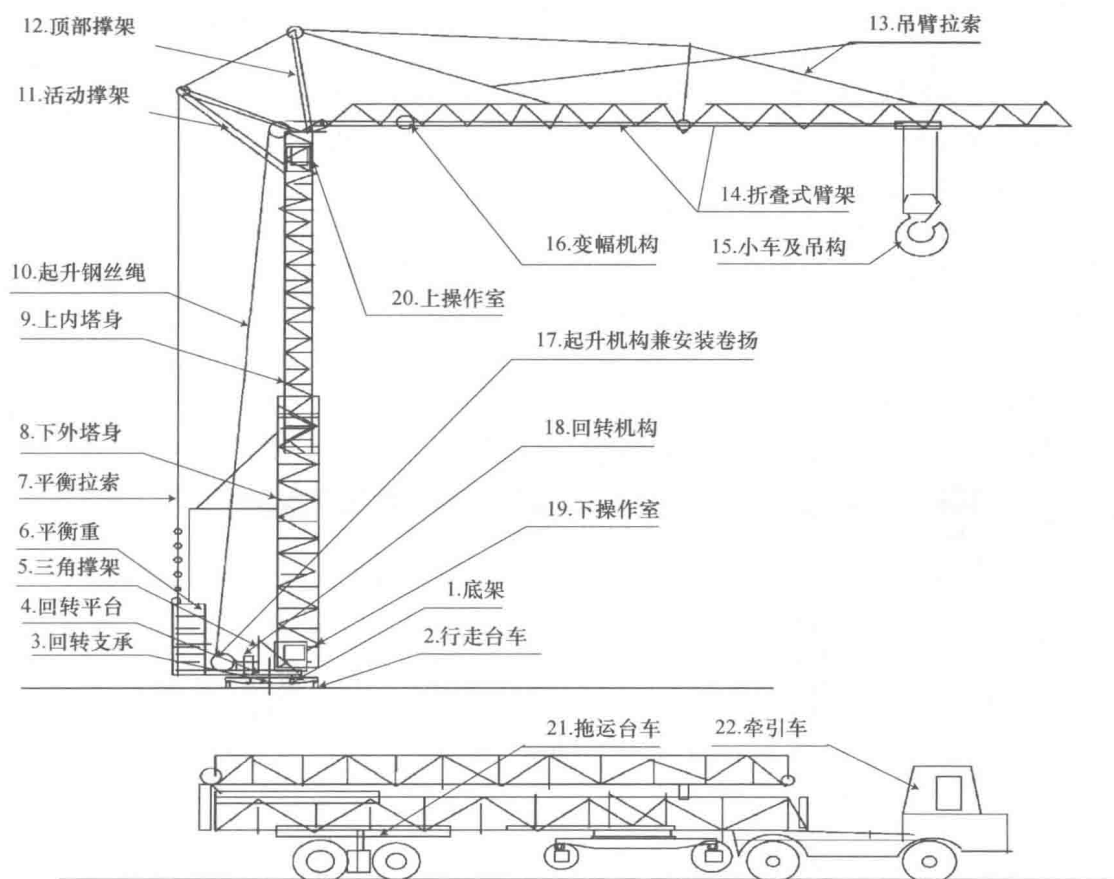


图 1-1-5 快装式塔机

4. 按底架是否移动分为固定式塔机和行走式塔机

1) 固定式塔机的底架固定在一个混凝土基础上，这个基础埋于地下，只要基础施工正确、地基可靠，一般抗倾翻稳定性较好，安装使用比较方便。

2) 行走式塔机是指可以前后移动的塔机，一般指在钢轨上前后移动的塔机。这需要在固定式塔机上增加一套行走系统，行走系统包括底架、轨道、行走机构等。通过行走轮在轨道上行走，其工作覆盖面可以大大增加，但它只能以独立式工作高度工作。为了防止倾翻，底架上必须加很大的压重，底梁必须足够结实，否则容易变形使塔机倾斜。行走系统使成本增加，铺设轨道要占用很大的场地，而且电缆要有专用装置收放，所以如果能有长臂架覆盖工作面的塔机可选，最好不要使用行走式塔机。这样有利于节约成本，而且对保障安全也有好处。

5. 按塔顶形式，分为锤头式塔机和平头式塔机

1) 锤头式塔机是指带有塔帽的水平臂上回转自升式塔机（图 1-1-6），起重臂通过拉杆与塔帽相连，起重臂的力学模型是一个变形的简支梁，重量较轻、成本较低。其主要缺点是起重臂需要在地面拼成整体后，一次安装到位，拆卸时只能整体拆下来，在某些特殊工地上使用不太方便。目前此类型塔机应用最为广泛。

2) 平头式塔机在回转支承以下与锤头式塔机完全相同, 区别只是在回转支承以上部分, 平头式塔机的起重臂没有拉杆, 上下弦杆直接安装在回转塔架上。起重臂的力学模型是一个悬臂梁, 重量较重、成本较高。其主要优点是起重臂可以在空中一节一节地安装、拆卸, 在某些特殊工地使用很方便。目前我国应用最多的是上回转小车变幅自升式锤头塔机。

为了扩大塔机的应用范围, 满足各种工程施工的要求, 自升式塔机一般设计成一机四用的形式, 即轨道行走自升式塔机、固定自升式塔机、附着自升式塔机和内爬自升式塔机。

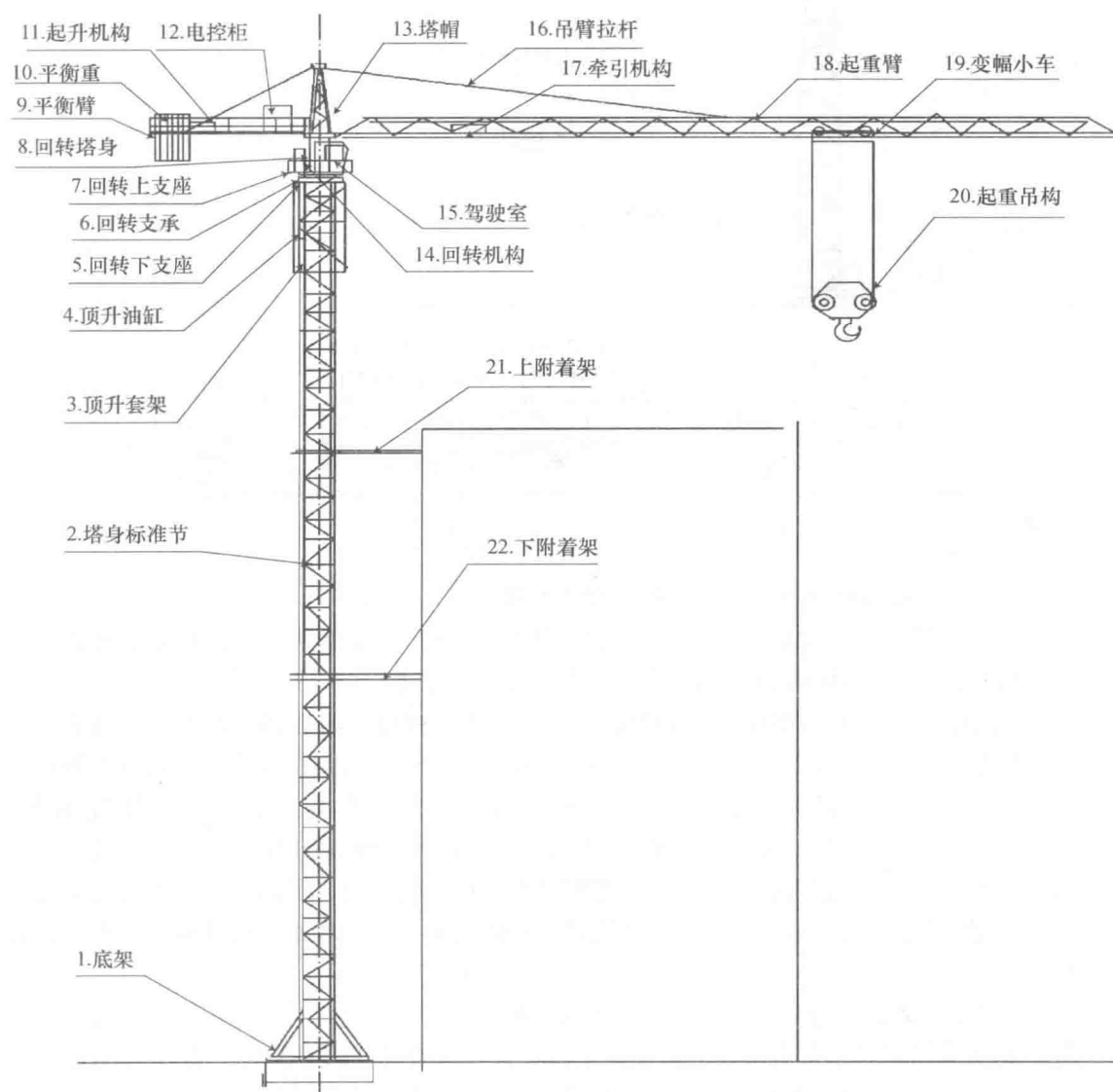
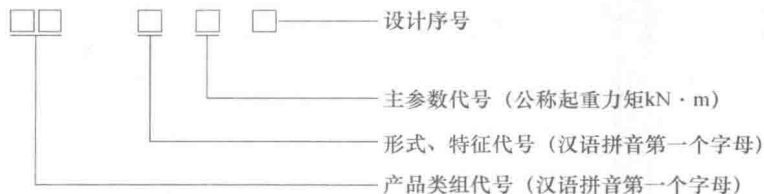


图 1-1-6 上回转小车变幅自升式锤头塔机

二、塔式起重机型号编制方法

为了快速有效地区别各种塔机的品种规格，我们应当了解我国塔机的型号编制方法。

根据专业标准《建筑机械与设备产品分类及型号》(JG/T5093-1997)的规定，我国塔式起重机的型号编制方法如下：

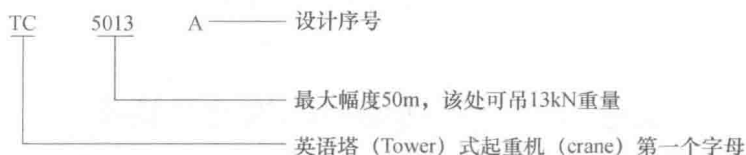


塔式起重机属于起(Q)重机大类的塔(T)式起重机组，故前两个字母固定为QT；特征代号看强调什么特征，如快装式用K，自升式用Z，下回转用X等等。例如：

QTK400—代表公称起重力矩 400kN·m 的快装式塔机。

QTZ800B—代表公称起重力矩 800kN·m 的自升式塔机，第二次改型设计。

但是，以上型号编制方法只表明公称起重力矩，并不能清楚表示一台塔机到底最大工作幅度是多大，在最大幅度处能吊多重。而这个数据往往更能明确表达一台塔机的工作能力，用户更为关心这些内容。所以现在行业内又有一种新的型号标识方法，它的编制如下：

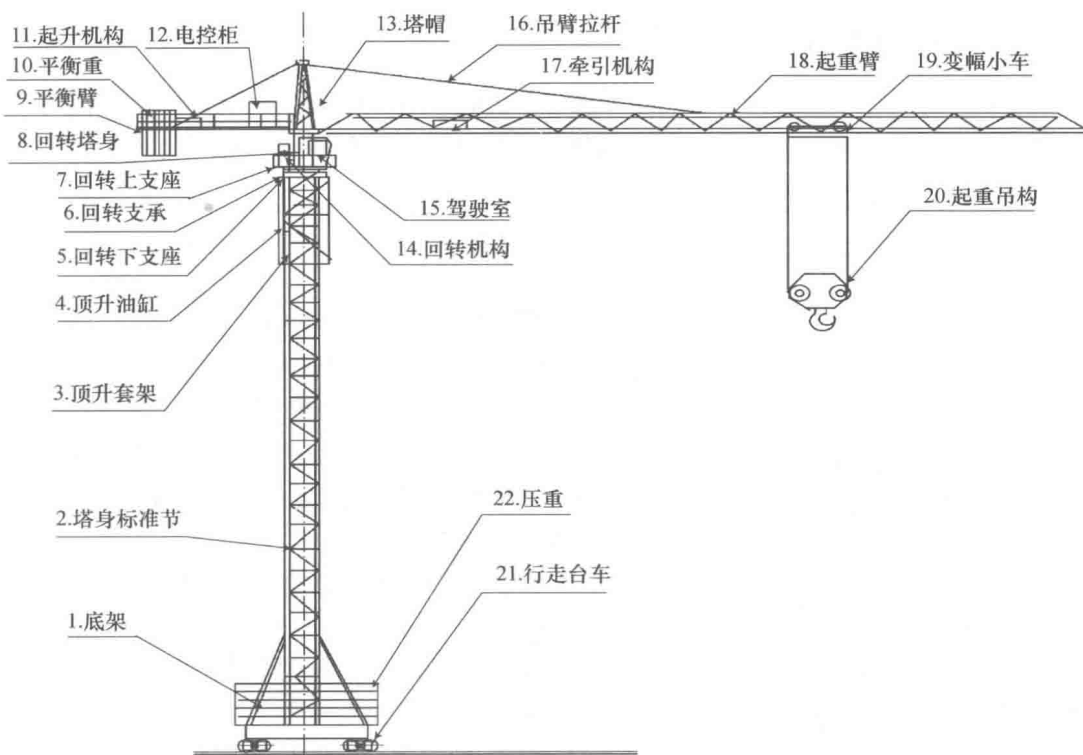


这个型号标记方法不是标准规定的表示方法，但很受欢迎，传播应用较广，我们也应该知道。

第二节 上回转塔式起重机的构造及特点

上回转塔式起重机是回转支承在塔身顶部的起重机，由于它能够升得很高，适合高层建筑的施工，所以在我国有着广泛的应用。上回转塔式起重机设计形式主要有锤头式、平头式两种，它们的主要区别是塔顶结构形式不同，是我国应用最广的塔式起重机。上回转塔机由金属结构、工作机构、液压顶升系统、电气控制系统及安全保护装置五大部分组成，每一部分又都包含多个部件。

上回转塔机的金属结构包括：底架、塔身、回转下支座、回转上支座、工作平台、回转塔身、起重臂、平衡臂、塔顶、驾驶室、变幅小车等部件。自升式塔机还有爬升套架，内爬式塔机还有爬升装置，行走式塔机要有行走台车，附着式塔机还有附着架。图 1-2-1 为一台既有顶升又有行走台车的上回转塔机，可以作为典型的构造示意图。



行走台车也方便。与上回转所不同的是，下回转底座很低，不需要再加节。其四根撑杆直接撑在支架主弦与底梁之间，形成一个刚性很好的支承基础。底座用地脚螺栓固定在混凝土基础上，不必再加压重。

整体拖运快装式下回转塔机是活动式底座，也叫水母式底座。它有四条悬臂伸出式的活动支腿。整体拖运快装式下回转塔机的优点是可以实现快速安装，缺点是制造复杂、成本高。

2. 回转下支座

固定拼装式下回转塔机的回转下支座直接装在底座顶面，用连接螺栓与底座支架的四根主弦杆相连。它是一个由钢板焊接而成的复杂结构件，外方内圆。上下盖板之间布置有筋板，上盖板与回转支承外圈处有加强环，以保证贴合紧密。

3. 回转上支座

下回转塔机的回转上支座顶面连接塔身，后边有回转机构，并有伸出耳板直接与平衡臂相连，是一个由钢板焊接而成的复杂结构件。由平衡臂上传来的力矩，有两种方式传到回转上支座：一种是通过平衡撑杆，把力传到塔身底节，再传到回转上支座顶面，平衡臂与回转上支座之间是销轴铰接方式。靠主弦杆传递弯矩。另一种是平衡臂与回转上支座之间是双销轴固定端连接，平衡臂实际上成了悬臂梁。没有平衡撑杆，根部有一个很大弯矩从侧面传给回转上支座。

4. 平衡臂

与上回转塔机不同，下回转塔机的平衡臂很短，只有一节。其上要放置平衡重、起升机构和电控柜，布置相当紧张。整个下回转塔机的起重力矩，是通过平衡拉杆传到平衡臂尾部，由平衡重等抵消一部分力矩后，再传递到回转上支座。所以下回转塔机平衡臂受弯矩较大，刚性要好，主梁一般用桁架式结构。带平衡撑杆的平衡臂也可用槽钢组焊主梁。

5. 平衡臂拉杆

由圆钢用耳板和销轴连接起来的结构件，单纯受拉，受力简单。

6. 塔身

下回转塔机的塔身，外形与上回转塔机相似，都由主弦杆、腹杆组焊成空间桁架结构式的标准节，再用连接螺栓连起来。但是二者受力性质有很大差别：上回转塔机塔身，以受弯为主，受压为辅，因此塔身的强度、刚度必须要有较大外形和较大的型钢才能保证，否则顶端水平位移超标，不能平稳工作。下回转塔机的塔身以受压为主，受弯为辅，起重力矩是由平衡拉杆的拉力与塔身的压力形成力偶来平衡的，这就不仅使塔身的外形可以减少，而且主弦内力也大大减小，顶部变位很小，仅仅塔身底节有较小弯曲变形，这是下回转塔机结构上的突出优点。

7. 顶架系统

顶架系统包括顶架、竖直撑架、水平撑架和连接拉杆。其作用是把吊臂拉杆力传到平衡拉杆上。这些构件都是销轴连接，所有撑杆和拉杆都是二力构件，只传递拉压力，不传递弯矩，所要控制的只是拉杆的强度和压杆的稳定性。依靠这样一个活动的顶架系统，在安装时可以起扳臂架，而且在必要时可以缩短平衡拉杆，以实现 30° 仰臂工作，增加塔机的工作高度。

8. 起重臂、起重臂拉杆和变幅小车

拼装式下回转塔机，其起重臂、起重臂拉杆和变幅小车与上回转塔机没什么区别。整体拖运快速安装下回转塔机，其臂节要折叠，结构比较复杂，维修比较麻烦。

第四节 锤头式塔机的构造及特点

锤头式塔机是指带有塔顶的水平臂塔机，目前此类型塔机应用最为广泛。锤头式塔机主要由钢结构、工作机构、液压顶升系统、电气控制系统及安全保护装置五大部分组成，其中工作机构、液压顶升系统、电气控制系统及安全保护装置与其他塔机大同小异。我们在后面的章节里专门给予介绍，这里先介绍锤头式塔机的钢结构和主要特点。

一、锤头式塔机钢结构

锤头式塔机的钢结构主要包括：底架、塔身、爬升架、回转下支座、回转上支座、回转塔身、塔顶、起重臂、起重臂拉杆、平衡臂、平衡臂拉杆、司机室、载重小车、吊钩等部件。图 1-4-1 为典型锤头式塔机的构造示意图。

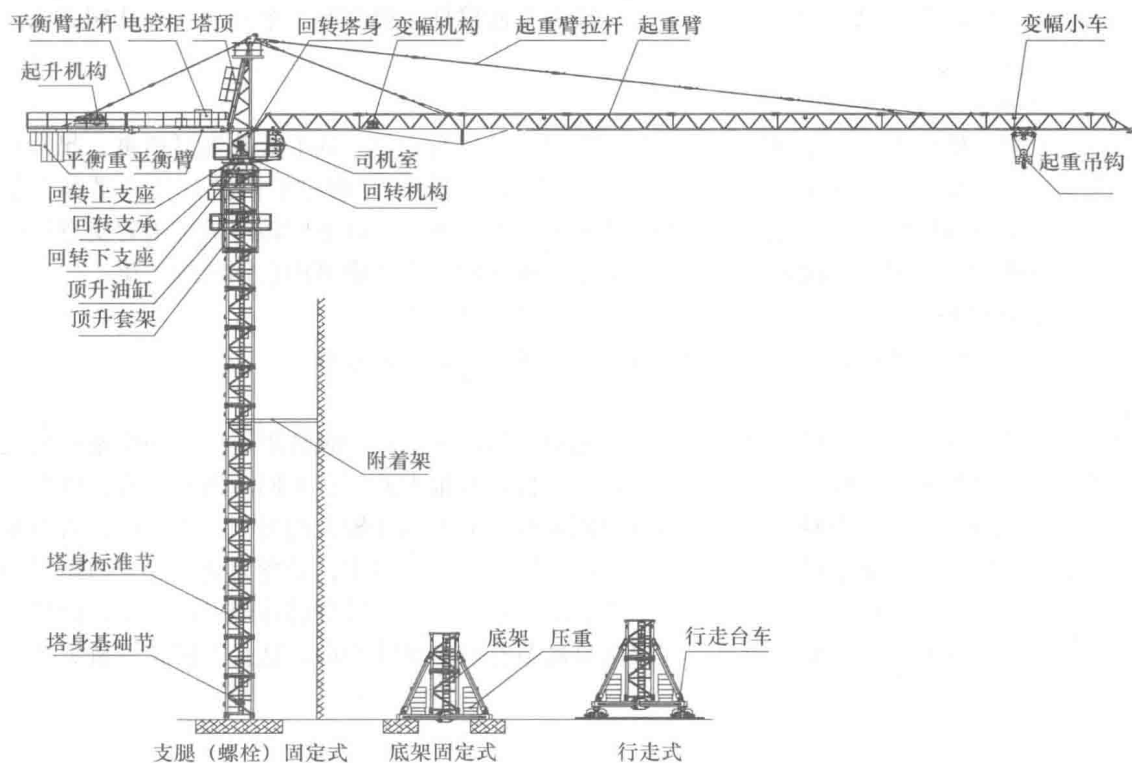


图 1-4-1 锤头式塔机构造示意图

1. 底架（图 1-4-2）

底架一般由十字底梁、下基础节、上基础节、四根撑杆及四根水平拉杆组成。十字底梁由一根整梁和两根半梁用销轴连接而成。这样的构造可以使塔机的倾翻线外移，增加稳定